

59
53423

CALCULO DE VOLUMENES DE
EXCAVACION,
Por
FRANCISCO CARDENAS PADILLA.

FECHA DE ADQUISICION	
NUM. DE INVENTARIO	DONACION
PROCEDECIA	
FECHA DE ADQUISICION	04467
NUM. DE INVENTARIO	
PROCEDECIA	
NUM. DE CLASIFICACION	71
PRECIO	59
	o C
	/
	4

Tesis que Presenta al H. Jurado Examinador
como Requisito Parcial para Obtener el Ti-
tulo de Ingeniero Agrónomo.

Aprobada

Presidente del Jurado.

Secretario de la Escuela

Director de la Escuela.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



BIBLIOTECA

328

7 3100

ESCUELA SUPERIOR DE AGRICULTURA ANTONIO NARRO.

Julio, 1950.



T04464
CID UAAAN

BIOGRAFIA.

El autor, hijo de los Sres. Martín Cárdenas López y Juliana Padilla Saucedo, nació en el Poblado de Santa Cruz, Municipio de Ramos Arizpe, Coah., el 9 de marzo de 1921. Ingresó a la Escuela Rural Primaria del poblado a la edad de 8 años, terminando solamente el 4º año por ser la enseñanza allí hasta ese grado. En el mes de mayo de 1937 ingresó a la Escuela Complementaria de Campo Redondo, en la ciudad de Saltillo, para terminar la primaria en 1939. En este mismo año ingresó a la Escuela Práctica de Agricultura, en el mismo plantel de Campo Redondo, terminando esa instrucción, en 1941, en la Escuela Superior de Agricultura ANTONIO NARRO. En ese mismo año principió la carrera de Ingeniero Agrónomo en la mencionada Escuela Superior de Agricultura, recibiendo el certificado de Pasante en el año de 1945.

AGRADECIMIENTO.

Mi agradecimiento más sincero a mis maestros: Ing. Guillermo Rodríguez de la Fuente, Catedrático de Matemáticas, por su valiosa y desinteresada ayuda en el desarrollo de este trabajo; Ing. Rubén Castro Estrada, por sus acertadas orientaciones sobre el aspecto general de la preparación técnica; Ing. Antonio Mercado G., Catedrático de Genética, por su decidida cooperación en el ordenamiento del contenido; Ing. Oscar Fuentes del Valle, Catedrático de Entomología y Edafología Vegetal, por su inapreciable ayuda en el contenido y sus valiosas orientaciones en estas materias; Ing. Pedro Pacheco Badillo, Catedrático de Edafología, por su desinteresada cooperación en las materias a su cargo; Dr. Roberto Rodríguez Dávila, por su orientación en la confección del presente trabajo; y por último, a todos los maestros que con espíritu altamente altruísta me legaron su saber para dar principio a este trabajo.

TABLA DE CONTENIDO.

	Pag.
BIOGRAFIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	2
III. MATERIAL Y METODO	5
1. Levantamiento de la Poligonal de Apoyo	6
2. Nivelación y Comprobación de la Poligonal de Apoyo	7
3. Levantamiento de Radiaciones	7
4. Registros de Libreta	9
5. Trabajos de Gabinete	11
6. Reducciones al Horizonte	12
7. Diferencias de Nivel en cada uno de los Puntos	15
8. Cálculo de Cotas	16
9. Dibujo y Acotamiento del Plano	20
10. Curvas de Nivel	21
11. Areas	22
12. Cubicación	24
13. Plano Definitivo	24
IV. RESULTADOS	28
V. CONCLUSIONES	29
VI. SUMARIO	30
BIBLIOGRAFIA	32

I. INTRODUCCION.

En las concesiones de explotaciones mineras revisten una marcada importancia los peritajes de comprobaciones anuales de acuerdo con la Constitución General de la República pues de ellos depende el reconocimiento que guardan físicamente esas pertenencias, ya que éstas, al ser concedidas por el Departamento de Minas, se les demarcan las colindancias, de las cuales no puede sobrepasarse la explotación. Por otra parte, al solicitar el fundo, se ampara éste con un plano del predio, en el que se incluyen todos los datos agrológicos y topográficos; de tal suerte que una vez concedida la explotación se comprobarán anualmente los trabajos, para que la misma Agencia de Minas vaya comparando las actividades de cada año, y para saber si el predio ha rebasado las estipulaciones de la concesión.

El problema en sí consiste en determinar la cantidad, en metros cúbicos, excavada en las concesiones. Para su descripción diré que la zona que comprende la excavación tiene kilómetro y medio en su perímetro describiendo una figura oval irregular, con un promedio de profundidad, en toda la excavación, de 12.00 metros; lo que se va a determinar es solamente lo excavado durante el año. La pertenencia minera a que se refiere este trabajo es propiedad de la Empresa de Cementos Mexicanos, con residencia en la ciudad de Monterrey, colindando con el Sendero Norte de dicha ciudad.

II. REVISION DE LITERATURA.

Ricardo Toscano (1941), relacionando la cubicación de vasos de depósito con el problema en cuestión lo considera como sigue:

1. Levantando una poligonal en el terreno que circunda al vaso con secciones transversales a un lado de la poligonal o bien trazando una poligonal por el centro del cauce principal y en seguida levantar secciones transversales a uno y otro lados. El volumen puede calcularse de dos maneras: (1) Por medio de la fórmula primordial, o (2) por la del tronco del prisma. Se principia por fijar las curvas de nivel directamente en el terreno o bien por interpolación en el gabinete. Una vez construido el plano con sus curvas de nivel se arean con el planímetro. Suponiendo que las curvas sean A, B, y C, de cotas 10, 11 y 12 metros; como éstas describen planos horizontales, y por lo tanto paralelos, se emplea el método del prismoide en el cálculo del volumen, tres curvas consecutivas, siendo las bases extrema la intermedia entre A y C o sea B, y la altura el doble de la equidistancia, o sean 2 metros, en nuestro caso. Así se seguirían haciendo los demás hasta terminar con la última. El número de superficies tiene que ser impar, y se designa con la letra S, con sub-índices 1, 2, 3, contando de abajo arriba; entonces con una equidistancia e se tendrían:
$$V = \frac{e}{6} S + 2 (S_3 + S_5 + S_7 \dots) + 4(S_2 + S_4 + S_6 + S_n)$$

2. Otro procedimiento consiste en levantar secciones transversales y paralelas a cierta dirección y después otras secciones normales a éstas de tal manera que representarían una cuadrícula en la que el volúmen sería igual a la suma de todos los prismas así formados.

3. Por último, el método mas sencillo, es el de levantar secciones transversales sujetas a una base de apoyo cada 10 o 20 metros, tomando desde luego en la dirección de la sección todos los puntos en que cambien pendiente. Esta forma muy parecida a la primera de R. Toscano (1941), sólo que las áreas son representadas por las secciones en vez de las curvas.

Alejandro Brambila (1945) resuelve el problema de tres maneras: (1) Por cálculo por promedio de áreas; (2) por cálculo por el área media; y (3) por cálculo por la forma prismoidal. La resolución por el tercero de estos métodos está de acuerdo con la de Toscano (1941) de manera que aquel sería de mejor explicación. Los métodos 1 y 2 estriban en que conociendo las áreas de sección se promedian y se multiplican por distancia. Al tratar Brambila de los vasos de depósito aconseja levantar una línea siguiendo el centro del cauce hasta cortar la curva superior, o sea la que estará en altura de la cortina; en seguida levantar secciones transversales con el fin de determinar las curvas de nivel, por interpolación, o directamente. Este método es igual al primero de Toscano (1941), con la diferencia de que las curvas se toman

iguamente, de donde la fórmula es: $V = \frac{A^1 + A^2}{2} \times d$ que en este caso será de .50 metros, si es que están tomadas a 1 metro.

En el artículo sobre cubicación de las obras de tierra del Diccionario Enciclopédico Hispano Americano (1938) que después de ejecutadas ciertas obras de excavación suelen presentarse figuras completamente irregulares y por tal motivo será definirse una forma geométrica que se pueda tomar en cuenta para calcular su volumen; de suerte que resultan así métodos ya enunciados.

Reed y Hosmer (1940) exponen las resoluciones del problema con el mismo acierto pues la fórmula prismoidal, la destrucción de cuadrículas con acotamientos en el sistema inglés, y de áreas medias contiguas son similares a las de los autores citados.

III. MATERIAL Y METODO.

Tomando en cuenta que para llevar a feliz término un trabajo aceptable se requiere un buen material, aparte del sistema métodos utilizados en la ejecución. Para la realización del trabajo se considera como material indispensable el siguiente: tránsito de marca Guerley, con aproximación a un minuto, rectificándole la línea de colimación; altura de los apoyos; niveles de la plataforma, determinación de la constante grande; todas estas correcciones llevadas a cabo por los procedimientos conocidos. Rectificación de la cinta de acero de 50 metros con otro longimetro de medida bien reconocida; preparación de estacas y trompos, éstos utilizados como testigos; un azo de 6 libras, dos estadales, dos balizas, estoperoles, tablas, crayones, nivel de mano, malacate y una lupa.

Analizando todos los métodos que más se usan en la práctica se escogió el de área medias contiguas, (Brambila, 1945), por resultar el más bien acoplado a todo el sistema a seguir; por otra parte al establecerse originalmente un sistema determinado de trabajo se sigue haciendo igual, con el objeto de ir adquiriendo alguna perfección. Por estos motivos es de considerarse el método citado más ventajoso que los demás, ya que para los otros debió haberse conocido la topografía original del terreno, para poder establecer secciones tipo, que es lo que en este caso sería indispensable.

1. Levantamiento de la Poligonal de Apoyo.

Para principiar a hacer el levantamiento comencé por localizar el punto de origen, el cual se encuentra a 1.20 metros de la intersección de la cerca de alambre y el riel oriental que conducen al fondo de la excavación. Tomando el origen como punto 0 se procedió a situar otro punto hacia adelante, a 1.20 metros, trazando desde el punto 2, antes de bajar al borde de la excavación. En la misma forma se continuó en tan gente hasta situar un punto al pie del corte, siguiendo con la misma orientación magnética; atravesando la base de la ex cavación se llegó al otro extremo del corte, donde se situó el punto 4. En seguida se ligaron los puntos 3 y 4 con la po ligonal de apoyo, situando cada vértice a 30 o 40 metros de distancia al pie del corte de la excavación, haciendo esto con el fin de apoyar con toda precisión las lecturas en el estadal. Una vez terminado el levantamiento se comprobó su cierre angular, quedando entre el límite de tolerancia. Este fué el procedimiento que se utilizó en el año de 1947, pero para hacer el mismo trabajo en el de 1948 se trazó una tan gente hasta el centro de la excavación donde se tomaron todas las radiaciones, y este procedimiento es el que se va a tra tar, para desarrollar los puntos de este trabajo, aún cuando se aprovecharán los datos del año anterior para hacer el aco plamiento de las curvas de nivel, como en seguida se expli cará.

2. Nivelación y Comprobación de la Poligonal de Apoyo.

Para la nivelación se utilizó el mismo tránsito después de hacerle las correcciones necesarias, teniendo como banco de nivel el punto que sirvió de origen a la poligonal con una altura de 594.2 metros, que es la relacionada con la altura de la ciudad de Monterrey, N. L. Como es sabido este trabajo es de mucha importancia y de él dependen los resultados obtenidos, como se demostrará en el desarrollo. La secuela a seguir es la ya conocida, es decir, tomando lecturas sobre la cabeza de las estacas. Una vez terminada esta operación se procedió a hacer la comprobación, encontrando una diferencia de 0.003 metros, lo que quiere decir que está dentro de la tolerancia. Como la diferencia de nivel del fondo de la excavación al origen es en promedio de 11 metros, de ahí el por qué hubo que localizar otros bancos de nivel en el fondo de la excavación, para trabajos subsecuentes, tal y como lo exige esta clase de trabajos.

3. Levantamiento de Radiaciones.

Considerando que para no tener confusiones en el proceso se siguió un solo sentido en el levantamiento de radiaciones, ya que éstas son en gran número, y como se toman tanto en la parte superior como en la inferior, de ahí la razón por la cual se ordenaron las operaciones en cortes superiores y cortes inferiores.

Cortes Superiores. Centrado el aparato en la estación de base se visó el punto de atrás girando hacia la derecha, localizando la primera radiación; en seguida transportando la altura del instrumento, para tener el ángulo vertical, se tomó después el ángulo horizontal, distancia de estadia, anotando todo en la libreta de campo. Para ésto, con un balicero y un estadalero, se fueron dando puntos en la orilla superior del corte a distancias aproximadas entre 12 y 15 metros, siguiendo desde luego todo el contorno de la excavación, habiendo - habido ocasiones en que se tuvieron que tomar menores distancias para levantar las entrantes y salientes y para que al hacer la configuración resultara con la mayor aproximación - posible. Con este mismo procedimiento se hizo el levantamiento de todas las demás radiaciones.

Cortes Inferiores. En esta operación se siguió la orilla al pie del corte resultando algunos puntos más cerca de la orilla del corte superior debido a que en ciertas partes se encontraban derrumbes, resultando el perfil de esta sección más pronunciado por tener menor distancia horizontal. El procedimiento utilizado fué exactamente el mismo que el anterior con excepción de que los ángulos verticales resultaron positivos y negativos, lo cual es interesante de saber para el cálculo de la diferencia de nivel de los cortes superior e inferior de la mencionada excavación.

4. Registros de Libreta. El registro llevado en las libretas es, como se sabe, de mucha importancia, tanto en lo que respecta a su ordenamiento como a su claridad, pues siendo así cualquiera persona entenderá el contenido y estará en condiciones de desarrollar todo género de trabajos en el gabinete, cosa que comunmente sucede cuando hay dos clases de personal, éste es, de campo y de gabinete.

Registro del Levantamiento de la Poligonal.

Estaciones	Distancias	R. M. O.	Observaciones
0-1	108.00	N 23°00 E	Cielo despejado
1-2	91.80		
2-3	85.20		

Nivelación de la Poligonal de Apoyo

Estaciones	t	H. I.		Cotas
BN-0	0.780	94.980		94.200
0			0.85	94.130
1			0.45	94.530
P.I.	0.304	91.834	3.450	91.530
P.I.	0.040	88.053	3.821	88.013
P.I.	0.224	84.762	3.515	84.538
2			2.100	82.66
3			2.080	82.68

Comprobación de la Nivelación.

Los trabajos del ingeniero se caracterizan siempre por su comprobación o cheque y más en este caso que de la nivelación depende la exactitud del trabajo.

Estaciones	†	H. I.	—	Cotas
P.L.		84.762		
P.L.	3.518	88.238	0.042	84.720
P.L.	3.877	91.772	0.343	87.895
P.L.	3.309	95.015	0.066	91.706
BN-0-			0.812	94.203
				94.200
				—————
			Diferencia	00.003

En cuanto al registro correspondiente a las radiaciones se encuentra en el cuadro que se adjunta al hablar de reducciones al horizonte, por la razón de no hacer repeticiones, ya que para apreciar todo el contenido de cómo se harán los cálculos para reducciones servirán de complemento. Por otra parte, como se verá en el plano definitivo, aparecen detalles de levantamiento dentro del lote, tales como talleres, excusades correderos, malacate eléctrico y vías de ferrocarril, trabajo que no lo ameritaba, y en su lugar se calcan del plano original, consecutivamente año por año; así mismo se observará en el plano de conjunto que la zona atacada ya sobrepasó los linderos demarcados en la concesión en una distancia como de 28 metros; ésto se vé en un rumbo del noroeste, que es donde las actividades son más interesantes, por condiciones propias del terreno, en cuanto a la calidad y la cantidad del material extraído.

Analizando todo lo concerniente al trabajo de campo viene faltando la orientación astronómica, la que para esta clase de trabajos es indispensable, ya que para dar el derecho de explotación de un fundo lo tiene la Agencia de Minería como requisito de mucha importancia. Esto se explica por la misma ley al tratar de las ampliaciones o trazos subterráneos (soavones) que con mucha frecuencia se hacen; así que para el caso, resultaría inútil, y el sólo hecho de sacar diferencia en ella originaría perturbaciones para seguir las labores de explotación.

5. Trabajo de Gabinete.

Cualquier trabajo que se va sucediendo año por año tiene sus antecedentes, y ellos sirven para señalar la magnitud de la obra de que se trate, así como para determinar otros problemas que se presenten en la siguiente resolución, como es precisamente el caso de que se ocupa esta tesis en que se trata de una concesión de explotación minera, las cuales están sujetas a la comprobación anual de todos los trabajos regulares, como lo ordena la ley, dándose el nombre de peritajes mineros a estas comprobaciones. Por otra parte en el plano explicativo de estas comprobaciones se tomaron las superficies así como el volumen excavado hasta la fecha. Por todo lo que se exponen y analizando detenidamente este desarrollo se demostrará que todos estos datos son complementarios, en lo que respecta al aspecto técnico del peritaje.

6. Reducciones al Horizonte.

Para hacer uso de la estadia se necesita que el ingeniero conozca perfectamente su manejo, siendo esta operación una de las más usuales en los trabajos topográficos, debido a que la mayor parte de los terrenos de nuestro país son quebrados, con sinuosidades muy apreciables y con pendientes más o menos fuertes. De ahí que las lecturas de mira se hagan sobre el estad colocado verticalmente en el terreno y no perpendicular a la visual del aparato. Como es natural esta lectura siempre es mayor que la verdadera, sea tratándose de una elevación, o de una depresión. Por consiguiente tendrá que reducirse esta lectura lo que se necesite, es decir, se hace la reducción al horizonte. Una vez conocido el ángulo vertical, así como la lectura y siendo la constante grande del aparato 1 a 100, resultará una distancia igual a la lectura. Teniendo ya estos e l e m e n t o s se pasará a calcular la distancia reducida.

Desde luego, trátase de dos ángulos, y ello conduce al uso del coseno cuadrado del ángulo; el primero es el que se forma con la visual del aparato y el horizonte; el segundo, el que se forma si se pusiera vertical el estadal perpendicularmente a la visual del aparato, lo que explica por qué se utiliza el coseno cuadrado para la reducción. La fórmula es la conocida, o sea $Z = \frac{\text{Cos. } 2x + 1}{2} D$

En esta fórmula Z representa la reducción al horizonte; su aplicación consiste en duplicar el ángulo vertical. Se busca el coseno en las funciones naturales de trigonometría se le agrega la unidad y luego se divide entre 2; el resultado se multiplica por la distancia, la que a su vez se obtiene multiplicando la lectura por la constante grande al aparato. En cuanto a la reducción de esta fórmula del coseno cuadrado resulta como ya se dijo por el coseno de 2 ángulos

$$\begin{aligned}
 \cos (x + y) &= \cos .x \cos .y - \operatorname{sen} .x \operatorname{sen} .y \\
 \cos 2 x &= \cos .2 x - \operatorname{sen} .2 x \\
 \cos 2 x &= \cos .2 x - (1 - \cos .2 x) \\
 \cos 2 x &= \cos .2 x - 1 + \cos .2 x \\
 \cos 2 x &= 2 \cos .2 x - 1 \\
 \cos 2 x &= \frac{\cos .2 x + 1}{2}
 \end{aligned}$$

Para esta clase de operaciones se tuvo oportunidad de hacer uso de un nomograma el que dió resultados muy aproximados en este año fueron los que se tomaron en los trabajos periferiales. Se usó la siguiente fórmula: Siendo H la distancia horizontal, V el desnivel, R la lectura en el estadal más constante chica, y X el ángulo vertical. Las fórmulas aproximadas empleadas por este nomograma fueron:

$$\begin{aligned}
 H &= R \cos . X \quad \text{para } X 18^\circ \\
 H &= R - A \quad \text{para } X 18^\circ
 \end{aligned}$$

donde $A = R \operatorname{sen} .X$, y $V = R 1/2 \operatorname{sen} .2 X$.

Con una regla T se coloca el valor de R poniendo el otro extremo en la escala $\operatorname{Sen} .X$; como queda describiendo una línea recta se lee en la escala A; este valor se le resta a R,

por tratarse de un ángulo menor de 180° teniendo la distancia reducida; esta forma de calcular las reducciones al horizonte es bastante aproximada. En el caso de que el ángulo vertical sea menor de 180° se toman las escalas R y Cos.X haciendo la lectura en la escala H, siendo ésta la distancia reducida, agregándole desde luego la constante chica.

Volviendo a tratar de la fórmula empleada para la reducción al horizonte se advierte que en lo que respecta a los cortes inferiores no se hizo ninguna aplicación en razón de ser éstos muy pequeños.

Ordenamiento de Datos para Reducciones al Horizonte.

Estación	2 X	$\frac{1 + \text{Cos.} 2 X}{2}$	Distancia Estadia	c = 0.38	R (Horizonte).-
1					
2-A	5°40'	1.99511 .99755	69.50	69.88	69.71
B	4°18'	1.99719 .99859	79.00	79.38	79.27
C	3°14'	1.99841 .99920	87.00	87.38	87.29
D	3°08'	1.99851 .99825	127.38	127.38	127.28
E	2°56'	1.99869 .99934	131.00	131.38	131.29
F	2°48'	1.99881 .99940	143.00	143.38	143.29
G	8°22'	1.98936 .99468	150.00	150.38	149.38
H	8°08'	1.98994 .99497	161.00	161.38	160.56
I	7°30'	1.99144 .99572	173.50	173.88	173.14
J	6°56'	1.99269 .99634	182.00	182.38	181.71
K	6°24'	1.99377 .99688	192.00	192.38	191.78
L	6°04'	1.99440 .99720	200.00	200.38	199.82
2					
3-A	6°50'	1.99290 .99645	113.00	113.38	112.76
B	6°44'	1.99310 .99655	171.00	171.38	170.79
C	6°46'	1.99306 .99653	168.00	168.38	168.79
D	6°42'	1.99317 .99658	162.50	162.88	162.32
E	6°52'	1.99283 .99642	160.50	160.88	160.30
F	6°58'	1.99262 .99631	158.00	158.38	157.60
G	7°04'	1.99240 .99620	156.00	156.38	155.79
H	7°00'	1.99255 .99627	155.00	155.38	154.80
I	6°50'	1.99290 .99645	150.00	150.38	149.85
J	7°08'	1.99226 .99613	145.00	145.38	144.82

K	7°14'	1.99204	.99602	142.00	142.38	141.81
L	7°22'	1.99175	.99587	139.50	139.88	139.30
M	7°48'	1.99075	.99537	136.50	136.88	136.25
N	8°00'	1.99027	.99513	134.00	134.38	133.73
O	8°10'	1.98986	.99493	126.00	126.38	125.74
P	7°24'	1.99167	.99583	130.00	130.38	129.84
Q	7°10'	1.99219	.99609	131.00	131.38	130.86
R	7°00'	1.99255	.99627	133.00	133.38	133.38
S	6°40'	1.99106	.99553	138.00	138.38	138.00
T	6°34'	1.99344	.99672	139.00	139.38	138.92
U	6°30'	1.99357	.99678	141.00	141.38	140.92
V	6°30'	1.99357	.99678	141.00	141.38	140.92
W	6°32'	1.99351	.99675	143.00	143.38	142.91
X	6°56'	1.99269	.99634	146.00	146.38	142.85
Y	6°58'	1.99262	.99631	149.00	149.38	148.83
Z	6°56'	1.99269	.99634	150.00	150.38	148.83
A'	6°22'	1.99283	.99691	152.00	152.38	151.44
B'	6°04'	1.99440	.99720	152.00	152.38	151.33
C'	6°02'	1.99446	.99723	150.00	150.38	149.55
D'	5°44'	1.99500	.99750	148.00	148.38	147.64
E'	6°24'	1.99377	.99688	146.00	146.38	145.47
F'	6°52'	1.99283	.99641	142.00	142.38	141.35
G'	7°02'	1.99248	.99624	134.00	134.38	133.37
H'	8°00'	1.99027	.99513	126.00	126.38	125.15

7. Diferencias de Nivel en Cada uno de los Puntos.

Con anterioridad se ha hablado de la necesidad de tomar en cuenta los ángulos de elevación y de depresión leídos con sumo cuidado previendo la importancia que representan para el cálculo de los desniveles, ya que por ser una sola estación base la que sirvió para tomar las radiaciones, resulta todavía más delicada esta clase de operaciones, pues aunque en las reducciones al horizonte no se tomaron en cuenta los ángulos menores de 2°, por no originar variabilidad en las distancias, ahora no se pudo hacer esta omisión en cuan-

al cálculo de las diferencias de nivel, y para tal caso se utilizó la tangente del ángulo en la cual 10 minutos originan 40 metros de desnivel; de modo que la determinación del desnivel se obtiene con la distancia reducida al horizonte multiplicada por la tangente del ángulo vertical correspondiente a la radiación de que se trate, ya que de una estación se tomaron varias radiaciones. A continuación se explicará el procedimiento que se siguió para calcular las cotas del terreno.

8. Cálculo de Cotas.

La forma en que se tomaron las cotas es de lo más sencillo ya que con la diferencia de nivel, calculada por el procedimiento ya explicado, basta sumarle a esta diferencia la cota de la estación base, cuando el ángulo vertical fuese positivo, y restando esta diferencia de nivel a la cota de la estación base si el ángulo vertical fué negativo.

A continuación se expone un ejemplo para demostrar cómo se terminó la diferencia aplicando la fórmula de la tangente y teniendo por caso la diferencia de nivel del punto A en la estación 2, que corresponde a la primera radiación tomada en este trabajo.

Ejemplo: Ángulo vertical igual a más 2°50'; Cota de la Estación Base 82.66; Tangente Natural de 2°50' igual a 0.04949. Distancia reducida al Horizonte 69.71. Tangente de X = $\frac{a}{b}$ $a = b \times \text{tg X}$; $a = 69.71 \times 0.04949$ más 3.45, igual a 3.45. De donde

FORMULAS EXACTAS

$$l = R \cos^2 \alpha + C \cos \alpha$$

$$l = R - R \operatorname{sen}^2 \alpha + C \cos \alpha$$

$$l = R \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\alpha + C \operatorname{sen} \alpha$$

$$z = \left(\frac{f}{i} \cdot be \right)$$

ESIA

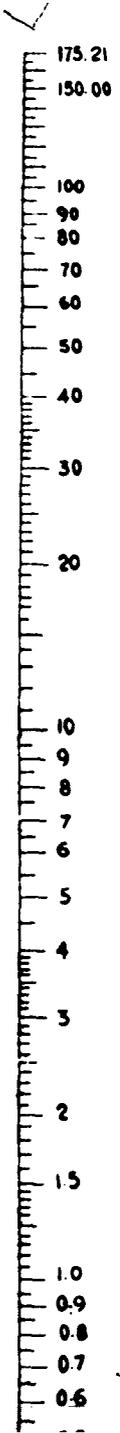
NOMOGRAMA DE ESTADIA

PROYECTO:
ING. M. GONZALEZ

CALCULARON:
MAQUEO, C. A.
SUSUNAGA, C.
BECERRIL, L. R.

MEX. D. F. 13-IV-42

DIBUJO: R. BECERRIL



EJEMPLOS

Ejemplo 1º: Si $R=80$
 $\alpha=30^\circ$ como $\alpha > 18^\circ$.
 $H = R \cos^2 \alpha$
Unase R con 30° de la
escala $\cos^2 \alpha$ y lease
en H , 60

Ejemplo 4º: Si $R=30$
 $\alpha=10^\circ$ como $\alpha < 18^\circ$.
 $H = R - A$ y $A = R \operatorname{sen}^2 \alpha$
Unase R con 10° de la
escala $\operatorname{sen}^2 \alpha$ y lease:
 $A = 0.90$; $H = 30 - 0.90$

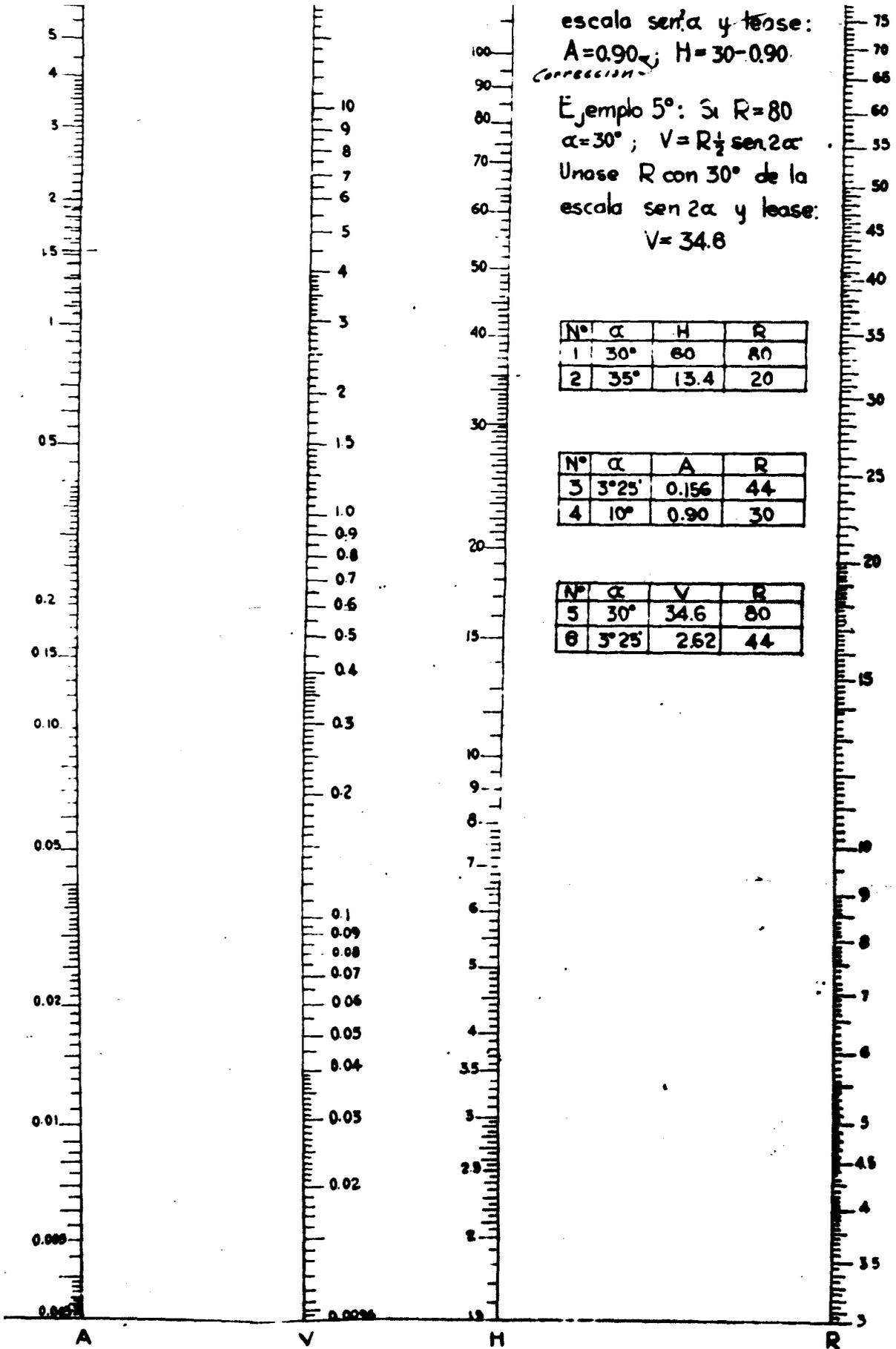
Corrección

Ejemplo 5º: Si $R=80$
 $\alpha=30^\circ$; $V = R \frac{1}{2} \operatorname{sen} 2\alpha$
Unase R con 30° de la
escala $\operatorname{sen} 2\alpha$ y lease:
 $V = 34.6$

Nº	α	H	R
1	30°	60	80
2	35°	13.4	20

Nº	α	A	R
3	$3^\circ 25'$	0.156	44
4	10°	0.90	30

Nº	α	V
5	30°	34.6



escala sen α y tense:

$A = 0.90$; $H = 30 - 0.90$

Corrección

Ejemplo 5°: Si $R = 80$

$\alpha = 30^\circ$; $V = R \frac{1}{2} \text{sen } 2\alpha$

Unase R con 30° de la escala $\text{sen } 2\alpha$ y lease:

$V = 34.6$

N°	α	H	R
1	30°	60	80
2	35°	13.4	20

N°	α	A	R
3	$3^\circ 25'$	0.156	44
4	10°	0.90	30

N°	α	V	R
5	30°	34.6	80
6	$3^\circ 25'$	2.62	44

tendremos que 82.66 más 3.45 es igual a 86.11. Utilizando un ángulo negativo se tendrá Angulo vertical igual a menos 0°16'

Cota de la Estación	82.68	
Tangente menos 0°16'	= a	0.00465
Distancia reducida al Horizonte	= a	121.38
a =	121.38 x 0.00465	= - 0.57
De donde	82.68 - 0.57	= 82.11

Una vez explicada la forma en que se calcularon las cotas se pasará a formar el cuadro sinóptico que servirá para dibujar el plano que contenga todas las curvas de nivel. Para tal caso se ha ordenado este cuadro con las columnas conteniendo las estaciones y los puntos visados en la radiación; los ángulos horizontales de la radiación, que servirán a la vez para el dibujo del plano; los ángulos verticales que corresponden a cada punto; la distancia reducida al horizonte; las diferencias de nivel de cada punto; y las cotas del terreno correspondientes a cada punto de la radiación. Podrá observarse que en cada estación se anota la elevación correspondiente, bien sea en los cortes superiores, bien en los inferiores, para evitar cualquier confusión.

Cuadro Sinóptico para la Cubicación de la Pedrera "Tanque Prieto", Propiedad de Cementos Mexicanos, S. A.

Radiaciones en Cortes Superiores. Punto 2. Elev. = 82.66.

Est.	A. Horiz.	A. Vert.	Dist.	Dif. Niv.	Cotas.
1					
2-A	76° 50'	2° 50'	69.71	3.45	86.11
B	81° 12'	2° 09'	79.27	2.98	86.64

st.	A. Horiz.	A. Vert.	Dist.	Dif. Niv.	Cotas
-C	83° 37'	1° 57'	87.29	2.97	93.63
D	90° 45'	1° 34'	127.28	3.48	86.14
E	89° 50'	1° 28'	131.39	3.36	86.02
F	90° 49'	1° 24'	143.29	3.50	86.16
G	92° 07'	4° 11'	149.58	10.90	93.56
H	95: 45'	4° 04'	160.56	11.35	94.01
I	102° 49'	3° 45'	173.14	11.40	94.06
J	107° 00'	3° 28'	181.71	10.94	93.60
K	113° 48'	3° 12'	191.78	10.70	93.36
L	119° 50'	3° 02'	199.82	10.53	93.19

Radiaciones en el Punto 3. Elev. = 82.68

2					
-A	99° 16'	3° 25'	172.76	10.29	92.96
B	106° 44'	3° 22'	170.79	9.99	92.87
C	112° 10'	3° 23'	167.79	9.86	92.54
D	117° 26'	3° 21'	162.32	9.48	92.16
E	122° 55'	3° 26'	160.30	9.60	92.28
F	125° 53'	3° 29'	157.80	9.56	92.24
G	132° 45'	3° 32'	155.79	9.56	92.24
H	138° 06'	3° 30'	154.80	9.47	92.15
I	144° 05'	3° 25'	149.85	8.95	91.73
J	153° 03'	3° 34'	144.82	9.00	91.68
K	156° 30'	3° 37'	141.81	9.00	91.68
L	161° 58'	3° 41'	139.30	8.43	91.11
M	168° 19'	3° 54'	136.23	9.24	91.92
N	175° 00'	4° 00'	133.73	9.30	91.48
O	178° 35'	4° 05'	125.74	9.81	91.59
P	185° 04'	3° 42'	129.84	8.46	91.04
Q	190° 04'	3° 35'	130.86	8.19	90.87
R	196° 25'	3° 30'	133.38	8.16	90.84
S	203° 50'	3° 20'	138.41	8.06	90.74
T	208° 48'	3° 17'	138.92	7.94	90.72
U	213° 14'	3° 15'	140.92	8.14	90.82
V	218° 47'	3° 15'	140.92	8.10	90.78
W	223° 57'	3° 16'	142.91	8.20	90.82
X	228° 58'	3° 28'	142.85	8.65	91.33
Y	232° 36'	3° 29'	148.83	9.05	91.76
Z	237° 58'	3° 28'	149.83	9.20	91.88
A'	242° 20'	3° 11'	151.44	8.40	91.08
B'	246° 40'	3° 02'	151.53	7.90	90.58
C'	252° 59'	3° 01'	149.55	7.85	90.53
D'	259° 03'	2° 52'	147.64	7.39	90.07

Est.	A. Horiz.	A. Vert.	Dist.	Dif. Niv.	Cotas
E'	263° 58'	3° 12'	145.47	8.13	90.81
F'	270° 38'	3° 26'	141.35	8.47	91.15
G'	275° 03'	3° 31'	133.37	8.25	90.93
H'	280° 00'	4° 00'	125.15	8.68	91.33

Radiaciones en Cortes Inferiores. Punto 2. Elev.=82.66

1					
2-A	77° 34'	0° 00'	68.38	0.00	82.66
B	82° 56'	0° 04'	77.38	0.09	82.75
C	84° 23'	0° 07'	85.38	0.17	82.83
D	89° 26'	0° 14'	107.88	0.44	83.10
E	91° 06'	0° 12'	122.88	0.44	83.10
F	91° 40'	0° 10'	132.38	0.38	83.04
G	92° 05'	0° 15'	144.38	0.64	83.30
H	92° 07'	0° 15'	144.38	0.64	83.30
I	96° 58'	0° 22'	158.88	1.01	83.74
J	103° 00'	0° 22'	169.38	1.08	83.67
K	107° 41'	0° 24'	177.88	1.24	83.90
L	113° 53'	0° 20'	187.38	1.08	83.74
M	119° 22'	0° 16'	195.38	0.91	83.57
N	123° 23'	0° 18'	200.38	1.06	83.72

Radiaciones en el Punto 3. Elev. = 82.68

1					
-A	102° 48'	0° 25'	167.38	1.22	83.90
B	106° 59'	0° 27'	165.38	1.30	83.98
C	112° 39'	0° 20'	162.38	0.95	83.73
D	117° 40'	0° 22'	157.38	1.00	83.68
E	123° 21'	0° 26'	154.38	1.18	83.86
F	131° 20'	0° 15'	151.38	0.66	83.34
G	135° 45'	0° 19'	149.38	0.82	83.50
H	141° 45'	0° 23'	147.38	0.98	83.66
I	147° 42'	0° 17'	142.38	0.70	83.38
J	153° 01'	0° 17'	140.38	0.69	83.38
K	158° 18'	0° 25'	136.38	1.00	83.68
L	169° 02'	0° 01'	132.38	0.04	82.72
M	177° 35'	0° 00'	122.38	0.00	82.68
N	183° 16'	-	121.38	-	82.11
O	188° 30'	-	123.38	-	82.43
P	194° 25'	-	126.88	-	82.31
Q	200° 07'	-	128.38	-	82.27
R	200° 12'	-	132.38	-	82.22
S	215° 07'	-	137.38	-	82.08
T	222° 45'	-	137.38	-	82.16
U	231° 42'	-	143.38	-	81.85

Est.	A. Horiz.	A. Vert.	Dist.	Dif. Niv.	Cotas
3-V	236 ^o 50'	0 ^o 17'	144.38	0.71	81.97
W	242 ^o 39'	0 ^o 15'	145.38	0.64	82.04
X	249 ^o 21'	0 ^o 18'	146.88	0.76	81.98
Y	256 ^o 30'	0 ^o 07'	145.38	0.29	82.39
Z	262 ^o 24'	0 ^o 13'	141.38	0.54	82.14
A'	268 ^o 02'	0 ^o 09'	139.38	0.40	82.28
B'	273 ^o 45'	0 ^o 09'	130.38	0.38	82.30
C'	278 ^o 46'	0 ^o 12'	123.38	0.43	82.25
D'	284 ^o 26'	0 ^o 13'	116.38	0.51	82.17

9. Dibujo y Acotamiento del Plano.

Teniendo calculado todo lo necesario se dibuja el plano el cual contendrá las curvas de nivel que son las que servirán de base para el cálculo de la cubicación de la excavación. A continuación se explica el procedimiento para la representación en planta de la zona que comprende lo atacado. Con un transporte circular, y de acuerdo con el ángulo horizontal se localiza la primera radiación haciendo esta operación con sumo cuidado por ser la apreciación que determinará el grado de aproximación en el trabajo, y por ello mismo se considera dicha aproximación como conservadora dentro de las tolerancias para una exactitud; para el caso, a buen juicio se estimó como exacto. Teniendo la radiación y por medio de la escala se midió su distancia obteniendo así el punto determinante de la radiación. En esta misma forma se dibujaron cada uno de los puntos tanto refiriéndose a cortes superiores como a los cortes inferiores.

Continuando adelante y una vez determinados todos los puntos se fueron uniendo separadamente los correspondientes a cortes superiores, haciendo lo mismo con los cortes inferiores, quedando en esta forma bien definidos los dos contornos de la excavación, acotándose en seguida cada punto con su elevación correspondiente, para sacar con ello las curvas de nivel, que son la base para el cálculo de la cubicación.

10. Curvas de Nivel.

Como ya en el punto anterior se dió a conocer el procedimiento que sirvió para determinar los contornos de la excavación, entonces se hace coincidir a estos con los del año anterior, obteniendo en consecuencia el avance anual de la zona atacada, como facilmente se observará en el plano, cuya zona constituye de hecho el problema de la cubicación. Por lo tanto, una vez reconocida esta parte se calculan por interpolación las curvas que comprenderán los dos cortes, superior e inferior.

El plano construído a una escala que permita mayor visibilidad para la apreciación de las curvas, ya que las orillas de dichos contornos en unas partes se encuentran más cerrados que en otras, y a la hora de determinar las áreas pueden producir confusión; por cuya razón la escala más adecuada para apreciar las curvas de nivel fué la de 1:500 que, como se verá, es bastante cómoda. En el problema, para mayor facili-

dad se tomaron sectores para que el planímetro deslizara con normalidad. La interpolación consistió en marcar curvas de nivel hasta de medio metro; ésto cuando las curvas se cortaban, lo que sucedió en las elevaciones máximas y mínimas.

Una vez teniendo las curvas de nivel se fueron uniendo con las correspondientes del año anterior hasta tener un plano bien acoplado para proceder a sacar de él las áreas entre cada una de ellas.

11. Areas.

Una vez acoplado el plano se procedió a determinar el área entre cada curva, para obtener la cantidad de metros cúbicos que corresponden a cada curva de nivel, aplicando para tal caso la fórmula de Areas medias Contiguas (Brambila 1945). Como las curvas de nivel desarrollan aproximadamente un semicírculo no se pudo utilizar escuadra o regla careada para correr exactamente el planímetro, por lo que fué necesario hacer varias repeticiones para tener más seguridad, desde luego tomando los promedios. Apoyando bien el planímetro con su aguja sobre el plano una vez éste bien restirado (ya que una arruga cualquiera produce fuertes cambios en las lecturas de bido a que el rol no desliza con facilidad), y en una posición tal que al dar el recorrido siguiendo la línea con el brazo y la escala de integración no tomen posición menor de un ángulo agudo ni mayor de 40°, porque ésto ocasionaría igual-

mente lecturas imprecisas con considerables diferencias y que constituirían errores sistemáticos; tomando pues todas estas precauciones se prosiguió sacando las áreas entre cada curva, previamente dividido el plano en sectores para no tener errores por las razones ya mencionadas, y se puso el brazo de dirección en una lectura cualquiera, anotándola; luego, siguiendo la línea hasta dar la vuelta completa y llegar al punto de partida, se hizo de nuevo la lectura, y repitiendo sucesivamente tres o más veces hasta encontrar una misma lectura. Este procedimiento para tomar las lecturas es el preferible por ser más rápido, ya que si se pusiera en cero representaría a la larga pérdida de tiempo en el trabajo.

Cuando una vez se tuvo la lectura en todos los sectores se sumaron para obtener la lectura de una curva completa y se hizo lo mismo con todas las demás. Esto por lo que respecta a las lecturas, faltando explicar cómo se determinaron las áreas dependiendo directamente de los ajustes del planímetro y que resultan del producto de la lectura por el factor de integración del planímetro multiplicado por la escala al cuadrado. La fórmula es $A = L \times F i \times E^2$. Ahora para determinar el área que se avanzó al efectuar la excavación se deslizó el planímetro, siguiendo las líneas que marcan el contorno inferior del año actual y el correspondiente al del año anterior, aplicando la misma fórmula.

12. Cubicación.

El procedimiento resulta así muy sencillo, consistiendo únicamente en hacer la suma de una curva con la siguiente, multiplicándola por la semidistancia entre cada una de ellas, o bien, la semisuma de las áreas de dos curvas multiplicada por la distancia: $V = (A' + A'') \frac{d}{2}$. De lo anterior resulta el siguiente cuadro que contiene todo lo desarrollado en los puntos anteriores y dá por lo tanto la solución del problema en cuestión.

Curva	Lectura	Factores	M.2	$(A' + A'') \frac{d}{2}$	M.3
82	80.5 x 0.06	x 25	1207.5		
82.50	104.4 x "	x "	1566.0	2773.5 x 0.25	693.3
83	287.3 x "	x "	4308.7	5874.7 x "	1468.6
83.50	191.2 x "	x "	2868.0	7176.7 x "	1794.1
84	523.4 x "	x "	7851.0	10719.0 x "	2679.7
85	523.5 x "	x "	7852.5	15723.5 x 0.50	7351.7
86	487.1 x "	x "	7306.5	15159.0 x "	7579.5
87	482.9 x "	x "	7243.5	14550.0 x "	7275.0
88	468.7 x "	x "	7030.5	14274.0 x "	7137.0
89	461.4 x "	x "	6921.0	13951.0 x "	6971.7
90	461.8 x "	x "	6927.0	13848.0 x "	6924.0
91	459.9 x "	x "	6898.5	13825.5 x "	6912.7
91.50	97.7 x "	x "	1455.5	8354.0 x "	4177.0
92	247.7 x "	x "	3715.5	5171.0 x "	2585.5
93	117.4 x "	x "	1761.0	5476.5 x "	2738.2
93.50	75.4 x "	x "	1131.0	2892.0 x "	1446.0
94	23.0 x "	x "	345.0	1476.0 x "	738.0
Avance en Excavación. Metros Cúbicos.....					684720
Avance en Area. Metros Cuadrados.....					7860

13. Plano Definitivo.

Apreciando en toda su magnitud el desarrollo del presente t

ma el paso siguiente es la construcción de la representación gráfica para ver, en una forma clara y explícita, los fundamentos que se tomaron para realizar la obra, así como para la comprobación de determinada inversión que servirá a su vez para conocer si produce pérdidas o ganancias en la economía de la negociación.

Por lo que respecta al plano definitivo se construyó éste usando una escala más reducida por la razón de que debe comprender todo el terreno correspondiente al lote, así como configurar también las secciones que actualmente desarrolla la excavación y que aparecen demostrando el perfil del avance anual de la misma, con sus correspondientes computaciones.

Como en el plano de las curvas de nivel, hecho a una escala mayor, se dibujan los dos contornos de la zona atacada acoplándose con el correspondiente al año anterior. Entonces, con una escala, se saca la distancia del pie del corte inferior del año anterior, de la correspondiente del presente año obteniendo en esta forma la distancia que corresponde al avance anual y que es la que servirá de base para dibujar la sección correspondiente, marcando su pie de corte. Esta misma operación se repite en los cortes superiores, tal y como se verá en las secciones que acompañan al plano definitivo, - las que fácilmente sobresalen por tener un doble achurado.

Existen algunas secciones transversales que no reportan avances del trabajo en la excavación lo que quiere decir que no en todo el controno se ataca, y esa es la razón de que presenta muchas irregularidades.

Una vez localizada la sección con la escala y teniendo también el pie del corte y la orilla superior de éste, se proyecta el avance acotándose debidamente en distancia y elevación, con lo que se puede estimar a primera vista la cantidad excavada; por lo mismo tiénense también secciones con diferencia en la profundidad, y zonas atacadas en un solo extremo dibujando un balcón, siendo precisamente éste donde hasta la fecha se ha eliminado por razón de encontrar material de mala calidad, pero se estima que en total debido a que el volumen excavado anualmente se acumula al de los años anteriores para tener el volumen total de la excavación.

El sistema de extracción del material es el comunmente usado, es decir, por medio de barrenación, utilizando compresoras con tuberías tendidas a la orilla del corte superior para hacer el trabajo con más rapidez y haciendo el encendido al mismo tiempo provocando los derrumbes correspondientes. En seguida, con una draga, se cargan carros de tracción animal los que hacen el arrastre por vías férreas dispuestas en forma de espuelas, lo que ofrece más facilidad para el arrastre. En otras palabras, hay una vía que parte del lugar de salida y

atravesando por el centro va hasta el fondo de la excavación, y otras que siguiendo el pie del corte inferior a uno y otro lado se juntan en el extremo opuesto con la que atraviesa por el centro, describiendo así un arco de círculo y en consecuencia una línea de circunvalación.

Una vez que los carritos de tracción animal llegan al lugar de salida, esto es, donde se empieza a formar la espuela, se suben al borde por medio de un malacate eléctrico y de ahí son conducidos por una pequeña máquina de ferrocarril hasta los patios de la fundición, los que se encuentran aproximadamente a un kilómetro de distancia.

IV. RESULTADOS.

1. Trabajos de Campo.

El trabajo total de levantamiento se hizo en un día y medio y a pesar de no usar dinamómetro las distancias resultaron satisfactorias. La constante del aparato resultó de 1:100. La nivelación de la poligonal se hizo con el tránsito resultando un error de 0.003 metros. En las radiaciones levantadas los cortes superiores resultaron 46, y para los puntos de cortes inferiores resultaron 44 en total.

2. Trabajos de Gabinete.

En el dibujo de la poligonal de apoyo no hubo diferencias en el acoplamiento. Al hacerse el acotamiento para las curvas de nivel no se encontró confusión por estar tomados los puntos de radiación a cada 15 metros de arco. Al dibujar los cortes internos (superior e inferior) hubo distancias irregulares debido a que los cortes diferían en su talud. Al configurar la topografía (curvas de nivel) se encontró que no todas abarcan la parte de donde se extrajo material debido a la forma superficial del terreno, ya que en el fondo no se conserva un mismo plano de elevación. Por la misma razón, al arear, unas resultaron con menor superficie. Los arcos se hicieron con un alfiler repitiendo hasta cuatro veces sus lecturas. También ya las áreas se calculó el volumen resultando 68,472 metros cúbicos, y un avance de área de 7,860 metros cuadrados.

V. CONCLUSIONES.

Con la terminación del trabajo y de acuerdo con los resultados obtenidos, se está de acuerdo que el mejor método utilizado (Capítulo III de esta tesis) es el que mejor se acopla a todas las condiciones. Aunque la determinación del volumen resulta más rápida con la aplicación de la fórmula del prisma de (Toscano, 1941), no se demoró gran tiempo con el uso de la fórmula de áreas medias (Brambila, 1945).

Observando la parte en que se extrajo más materia prima, (tierra, arcilla, silicatos, tepetate) quedó manifiesto que no todas las formaciones del fundo conservan en buena proporción las materias citadas. Y por observación directa del terreno se concluye que todo el material excavado es utilizado en las mixturas, ya que en el fondo no aparece ningún desperdicio. Comparando el volumen total extraído se vé que las actividades fueron regulares en los años anteriores, y que al estar excavando solamente en la parte noreste llegará un día en que el acarreo será más difícil, lo que obligará a usar malacates eléctricos, tal como se hace en la subida principal (Capítulo III:13 de esta tesis).

Para hacer la comprobación del volumen total de la excavación se haría como si se tratara de un vaso de depósito y serviría como control (Brambila, 1945), ya que lo reportado proviene de las acumulaciones de cada año (Capítulo III:5 de esta tesis), de acuerdo con los resultados.

VI. SUMARIO.

La importancia económica en el aspecto industrial de este trabajo quedó definida en el capítulo respectivo (I de esta tesis) sin lo cual no podría fabricarse el cemento. En la Revisión de Literatura se anotaron únicamente los distintos procedimientos que existen para la resolución del problema. Como material utilizado para la ejecución del trabajo se consideró desde el más rudimentario hasta los aparatos de mayor preci-sión. El método usado fué el de áreas medias contiguas y las áreas en función de curvas de nivel. Los puntos de radiación, inferior y superior, localizados con ángulos y distancia, las distancias de nivel calculadas por trigonometría en función de los ángulos verticales; estas diferencias sumadas o restadas a la cota de la estación base para tener las cotas de corte inferior y superior; por interpolación determinóse el número de cotas a cada metro de espesor dentro de la sección limitada por los dos cortes. Las áreas se sacaron con planímetro en varias repeticiones para cada una. Aplicando la fórmula de áreas medias contiguas se calculó el volumen excavado en el presente año que fué de 68,472 metros cúbicos. Para determinar el área de avan-ce se tomaron los contornos inferiores del año actual y del -- anterior peritaje, resultando una superficie de 7,860 metros cuadrados. El plano se construyó con 46 radiaciones en los cor-tes superiores por medio del ángulo y distancia reducida al -

horizonte. Igualmente se marcó la orilla del corte inferior con 44 radiaciones que fueron tomadas en el campo. Una vez construido el plano definitivo se achuró con cuadrícula lo que corresponde al avance de las actividades en el transcurso del año.

BIBLIOGRAFIA.

- Brambila, Alejandro. Topografía, 3a. Edición. Litografía El Cromo, México, D. F. Pp. 343, 443. 1945.
- Breed, Charles B., y Hosmer, George, L. The Principles and Practice of Surveying, Vol. I, 7th. Edition, 1940. John Wiley & Sons, New York. Pp. 489-493.
- Róspide, Ricardo, et al., Diccionario Enciclopédico Hispano-Americano. Montaner y Simón, Editores, Barcelona, 1941. P. 1475.
- Toscano, Ricardo. Métodos Topográficos, Tomo II, 5a. Edición, México, D. F., 1941. Pp. 29, 459-460.